

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
13. Mai 2004 (13.05.2004)

PCT

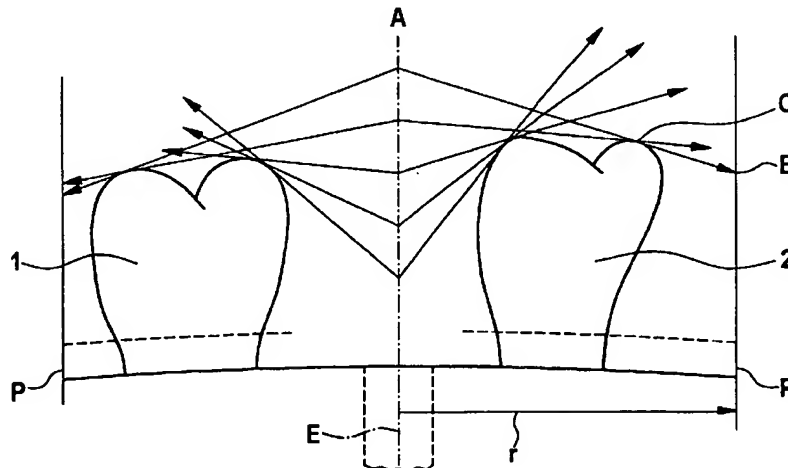
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2004/039278 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: A61C 1/08, A61B 17/17 (74) Anwalt: SOMMER, Peter; Viktoriastrasse 28, 68165 Mannheim (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2003/003571 (81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (22) Internationales Anmeldedatum: 27. Oktober 2003 (27.10.2003) (84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 102 50 006.1 25. Oktober 2002 (25.10.2002) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): SIRONA DENTAL SYSTEMS GMBH [DE/DE]; Fabrikstrasse 31, 64625 Bensheim (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): SALIGER, Günter [DE/DE]; Hemsbergstrasse 58, 64625 Bensheim (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR PRECISELY-POSITIONED PRODUCTION OF A CAVITY, ESPECIALLY A BONE CAVITY AND INSTRUMENT THEREFOR

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR LAGERICHTIGEN HERSTELLUNG EINER KAVITÄT, INSBESONDERE EINER KNOCHENKAVITÄT UND INSTRUMENT HIERFÜR



(57) Abstract: The invention relates to a method for precisely-positioned production of a cavity, especially a bone cavity, at a preparation point by means of a hand instrument, comprising the following steps: calculation of position-dependent surface characteristics from a three-dimensional data set of the surface of the preparation point at a desired position of an implant which is to be inserted in said cavity, wherein the area in which the cavity is to be created is represented in the form of a three-dimensional data set of volume data; detection of at least one partial cut-out of the preparation point comprising an actual visible surface feature by means of a camera which is arranged on the hand instrument at a pre-defined distance to a processing tool and display as a video image; insertion of a calculated surface characteristic for the desired position of the hand instrument, wherein the inserted surface characteristic can be altered, especially made congruent with respect to its position in relation to the actual visible surface characteristic by modifying the position and the inclination of the hand instrument.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/039278 A1

**Erklärung gemäß Regel 4.17:**

- *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US*

**Veröffentlicht:**

- *mit internationalem Recherchenbericht*
- *vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen*

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

---

**(57) Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur lagerichtigen Herstellung einer Kavität, insbesondere einer Knochenvität, an einer Präparationsstelle mittels eines Handinstruments, mit folgenden Schritten: - Berechnung von positionsabhängigen Oberflächenmerkmalen aus einem dreidimensionalen Datensatz der Oberfläche der Präparationsstelle zu einer gewünschten Position eines in die Kavität einzubringenden Implantats, wobei der Bereich, in dem die Kavität erstellt werden soll, als dreidimensionaler Datensatz von Volumendaten vorliegt; - Erfassen mindestens eines ein tatsächlich sichtbares Oberflächenmerkmal aufweisenden Teilausschnittes der Präparationsstelle mittels einer am Handinstrument angeordneten Kamera mit vorgegebenem Abstand zu einem Bearbeitungswerkzeug und Anzeige als Videobild; - Einblenden eines berechneten Oberflächenmerkmals für die Sollposition des Handinstruments, wobei durch Veränderung der Position und der Neigung des Handinstruments das eingeblendete Oberflächenmerkmal bezüglich seiner Lage zu dem tatsächlich sichtbaren Oberflächenmerkmal verändert, insbesondere zur Deckung gebracht werden kann. Ein weiterer Gegenstand ist ein Instrument hierfür.

## Beschreibung

Verfahren zur lagerichtigen Herstellung einer Kavität, insbesondere einer Knochenkavität und Instrument hierfür

5

## Technisches Gebiet

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur lagerichtigen Herstellung einer Kavität, insbesondere einer Knochenkavität und ein Instrument hierfür.

- 10 In der zahnärztlichen Implantologie geht es darum, körperfremde Passstücke, sogenannte Implantate in den Knochen einzugliedern, um auf diesem Weg eine substanzschonende, prothetische Versorgung von Zahnlücken und eine Versorgung von zahnlosen Kiefern mit festsitzendem Zahnersatz zu er-  
15 möglichen.

Bei der Implantation dieser Passstücke müssen verschiedene zahnärztliche und anatomische Randbedingungen eingehalten werden, um einen langfristigen Behandlungserfolg zu erzielen. Die Übertragung der Kaukräfte in den Kieferknochen  
20 muss so geschehen, dass die anerkannten Regeln der Biomechanik und der zahnärztlichen Prothetik Beachtung finden. Körperhöhlen dürfen nicht eröffnet und Nervenbahnen dürfen nicht verletzt werden. Schließlich muss auf ein quantitativ und qualitativ ausreichendes Angebot an Knochensubstanz ge-  
25 achtet werden.

Diese Randbedingungen erfordern es, eine umfassende Diagnostik vor dem Eingriff und eine angemessene Planung des Eingriffs selbst durchzuführen. Schlussendlich gilt es eine

- 2 -

gute Umsetzung der Planung während der Operation zu erreichen.

#### Stand der Technik

Im Regelfall kann der Implantologe mit den heute schon verfügbaren technischen Hilfsmitteln wie Computertomographie (CT), Orthopantomographie (OPG), Messung der Knochendichte und -dicke eine ausreichende Diagnostik und damit eine gute Planung von Implantatversorgungen durchführen.

Im Bereich der Umsetzung dieser Planung in die Realität ergeben sich jedoch erhebliche Defizite.

In den letzten Jahren wurde der Versuch unternommen, diese Lücke zu schließen. Dabei kamen Verfahren der Neurochirurgie und der Orthopädie zum Einsatz. An dem Patienten und an den Operationsinstrumenten werden Markierungen angebracht, die mit Hilfe zweier Kameras beobachtet werden. Aus der bekannten Geometrie der Operationsinstrumente und der Markierungen lässt sich die relative Position z. B. eines Bohrinstrumentes ermitteln. Nach diesem Prinzip kann man dann eine effektive Umsetzung der Implantatplanung bewerkstelligen. Dabei erlaubten es solche Verfahren, Genauigkeiten von 1 mm zu erzielen, d. h. es können Abweichungen zwischen der geplanten und der realisierten Position in der Größe von 1 mm auftreten.

Der Nachteil dieser Geräte ist allerdings ihr vergleichsweise hoher Preis. Damit sind diese Geräte nur dann wirtschaftlich sinnvoll einsetzbar, wenn eine Vielzahl von Implantaten gesetzt wird.

Das Ziel der Erfindung ist es nun, eine kostengünstigere Lösung für das oben beschriebene Problem anzugeben, um da-

- 3 -

mit bereits den wirtschaftlichen Einsatz bei nur wenigen Implantaten zu erreichen.

#### Darstellung der Erfindung

Der hier beschriebenen Erfindung liegt die Idee zugrunde,  
5 dass geeignete Oberflächenmerkmale, wie beispielsweise die Horizontlinie einer topographischen Oberfläche in kodierter Form auch die Position des Beobachters enthält.

Ausgehend von dieser Tatsache wird ein Verfahren zur lage-  
richtigen Herstellung einer Kavität an einer Präparations-  
10 stelle vorgeschlagen, bei dem unter Verwendung eines Handinstruments eine Berechnung positionsabhängigen Oberflächenmerkmalen aus einem dreidimensionalen Datensatz der Oberfläche der Präparationsstelle zu einer gewünschten Position eines in die Kavität einzubringenden Implantats er-  
15 folgt, wobei der Bereich, in dem die Kavität erstellt und anschließend das Implantat eingebracht werden soll, als dreidimensionaler Datensatzes von Volumendaten vorliegt.

Mittels einer am Handinstrument angeordneten Kamera mit vorgegebenem Abstand zu einem Bearbeitungswerkzeug wird  
20 mindestens ein ein tatsächlich sichtbares positionsabhängigen Oberflächenmerkmal aufweisender Teilausschnitt der Präparationsstelle erfasst und als Videobild angezeigt. In das Videobild wird das berechnete positionsabhängige Oberflächenmerkmal für die Sollposition des Handinstruments einge-  
25 blendet, wobei sich durch Veränderung der Position und der Neigung des Handinstruments das eingeblendete positionsabhängige Oberflächenmerkmal bezüglich seiner Lage zu dem tatsächlich sichtbaren positionsabhängigen Oberflächenmerkmal verändert und insbesondere zur Deckung gebracht werden  
30 kann.

- 4 -

Unter der Bezeichnung „Kamera“ werden alle Messeinheiten, Abbildungseinheiten oder Bilderfassungseinheiten verstanden, die dazu in der Lage sind, einen Teilausschnitt der Präparationsstelle so zu erfassen, dass eine Anzeige als  
5 Videobild möglich ist.

Dadurch ist es möglich, dem Benutzer anzuzeigen, ob die Orientierung seines Handinstruments derart ist, dass der gewünschte Verlauf der Kavität erzeugt das Implantat an der geplanten Stelle inseriert werden kann.

10 Über spezielle Markierungen, sogenannte röntgenopake Marker, die sowohl in den Volumendaten des Röntgenbilds als auch im 3D-Datensatz der Oberfläche sichtbar sind, ist die Relativlage von Röntgenaufnahme und 3D-Datensatz bekannt. Die Einbaulage des Implantats wird anhand der Röntgenaufnahme durch den Implantologen festgelegt. Damit ist ihre  
15 Lage auch relativ zum 3D-Datensatz bekannt und von dieser Position wird mittels des 3D-Datensatzes das positionsabhängige Oberflächenmerkmal berechnet, das sich ergäbe, wenn man das Bohrinstrument an die durch die Planung definierte  
20 Position bringt und es entsprechend der geplanten Bohrachse ausrichtet.

Als Oberflächenmerkmal kann jedes geeignete visuell darstellbare Merkmal eines Zahns oder der Präparationsumgebung verwendet werden, welches aus den Oberflächendaten berechnet werden kann und eine Positionsbestimmung erlaubt, insbesondere eine Horizontlinie.  
25

Vorteilhafterweise wird während der Bearbeitung stets das für die jeweilige Position des Handinstruments berechnete positionsabhängige Oberflächenmerkmal in das Videobild eingeblendet, wobei die jeweilige Position des Handinstruments  
30

- 5 -

einer Positionen des Implantats innerhalb der Kavität entspricht. Dadurch ist sichergestellt, dass auch nach einem anfänglich korrekten Aufsetzen des Handinstruments eine Kontrolle möglich ist.

- 5   Vorteilhafterweise erstreckt sich die Kontrollmöglichkeit auch auf die Endposition, indem ein positionsabhängiges Oberflächenmerkmal für eine Endposition des Bearbeitungswerkzeugs in der herzustellenden Kavität angezeigt wird.

10   Ein weiterer Gegenstand der Erfindung ist ein Handinstrument zur Herstellung oder Bearbeitung von Kavitäten, insbesondere von Knochenkavitäten, welches ein Bearbeitungswerkzeug umfasst. Am Handinstrument ist eine Kamera vorgesehen, deren Abstand zur Spitze des Bearbeitungswerkzeuges bekannt ist.

- 15   Mit einem derartigen Handinstrument ist die Erfassung der Präparationsstelle und der Vergleich mit einem dreidimensionalen Datensatz von Volumendaten oder von Oberflächendaten möglich.

20   Vorteilhafterweise besitzt die Kamera eine Schärfentiefe von 5 bis 30 mm und erfasst eine Rundumsicht. Dadurch ist eine Orientierung nach der Seite mit den am stärksten ausgeprägten Orientierungsmerkmalen des 3D-Datensatzes möglich.

25   Gemäß einer Weiterbildung ist die Videokamera in das dem Bearbeitungswerkzeug zugewandte Ende des Instruments integriert. Dadurch ist die genaue Erfassung der tatsächlichen Horizontlinie des Vergleichsbildes an der Präparationsstelle möglich.

30   Schließlich können Leuchtmittel vorgesehen sein, welche den für die Erfassung und Darstellung der Horizontlinie rele-

- 6 -

vanten Teil oder andere markante Oberflächenmerkmale der Oberfläche ausleuchten.

Das Handinstrument kann mit einer Anzeige für das mit der Kamera aufgenommene Bild verbunden sein, in welcher darüber  
5 hinaus aus einer Auswerteeinheit bereitgestellte Daten in Form einer Horizontlinie oder anderen markanten Oberflächenmerkmalen angezeigt werden.

#### Kurzbeschreibung der Zeichnung

Das erfindungsgemäße Verfahren wird anhand der Zeichnung  
10 erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 Darstellung einer Horizontlinie in einer ersten Ansicht,
- Fig. 2 Darstellung einer Horizontlinie in einer zweiten Ansicht,
- 15 Fig. 3 Anzeige eines Zahns und einer Soll-Horizontlinie mit Überdeckung,
- Fig. 4 korrekte Platzierung des Bearbeitungswerkzeugs des Handinstruments,
- Fig. 5 Anzeige eines Zahns und einer Soll-Horizontlinie  
20 ohne Überdeckung,
- Fig. 6 abweichende Platzierung des Bearbeitungswerkzeugs des Handinstruments,
- Fig. 7 korrekte Platzierung des Bearbeitungswerkzeugs des Handinstruments während der Bearbeitung,
- 25 Fig. 8-11 die Veränderung der Horizontlinie während der Bearbeitung bis zu einer Endposition,
- Fig. 12 eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens als Schema.

#### Ausführungsbeispiel der Erfindung



- 7 -

Der Begriff der Horizontlinie als Beispiel eines positions-  
abhängigen Oberflächenmerkmals ist anhand der Fig. 1 und 2  
erläutert. Eine Horizontlinie ist durch die nachfolgende  
Abbildungsvorschrift gekennzeichnet. Ein Beobachter an ei-  
nem Ort A baut um sich herum einen z.B. kreisförmigen Pro-  
jektionsschirm P auf, der mit einer transparenten Folie be-  
spannt ist und dessen Radius  $r$  bekannt ist. Nun wird für  
jedes Winkelelement  $\alpha$  des gesamten Panoramas die Stelle  
B auf dem Schirm P markiert, an der Horizont C für den im  
Zentrum A befindlichen Beobachter zu liegen scheint. Die  
sich so ergebende Abbildung wird als Horizontlinie H be-  
zeichnet. Kennzeichen der Horizontlinie H ist, dass in ih-  
rer Form implizit auch der Standort des Beobachters kodiert  
wird. Umkehrt kann man in Kenntnis einer bestimmten hinrei-  
chend eigenartigen Horizontlinie den Ort wiederfinden, von  
dem aus sie beobachtet wurde.

Ob es zwischen der Horizontlinie und den abgebildeten Ob-  
jekten eine eindeutige Beziehung gibt, hängt von den abge-  
bildeten Objekten ab. Je komplexer die Objekte sind, um so  
eindeutiger ist die Beziehung. Folgendes Beispiel verdeut-  
licht diesen Sachverhalt: Aus einem Bild, das eine Bergket-  
te zeigt, kann zusammen mit der Information, welcher Weg im  
Gebirge abgeschritten wurde, auf den Ort geschlossen wer-  
den, an dem dieses Bild aufgenommen wurde.

Die Ortsbeziehung zwischen den Messdaten einer Oberflächen-  
vermessung und den per Röntgen hergestellten Volumendaten  
ist beispielsweise über röntgenopake Marker bekannt. Die  
Einbaulage des Implantats wird anhand einer Röntgenaufnahme  
(OPG, CT) ermittelt. Die dazu bekannte Lage der Oberflä-  
chendaten wird während der Herstellung der Kavität zur Kon-  
trolle der lagerichtigen Ausrichtung des Werkzeugs benutzt.

- 8 -

Dabei werden die Horizontlinien der Nachbarzähne 1, 2 oder sonstige geeignete und positionsabhängige Oberflächenmerkmale berücksichtigt.

Längs der Einschubrichtung des Implantat werden die zu erwartenden Horizontlinien mit Hilfe des 3D-Datensatzes berechnet. Dabei liegen alle Orte A auf einer Achse E parallel, insbesondere aber deckungsgleich mit der Einschubachse.

Fig. 3 zeigt schematisch einen Zahn 1, wie er durch die Optik des Bearbeitungsinstruments erfasst wird und auf einer Anzeige erscheint. Bei der fett markierten Linie handelt es sich um die Horizontlinie H, die an der durch die Planung definierten Solllage der Implantatachse sichtbar wäre. Wirklicher Horizont und Horizontlinie sind hier deckungsgleich. Die augenblicklich eingenommene Position des Bohrers ist daher korrekt.

Fig. 4 zeigt ein Bearbeitungsinstrument 3 mit einem Werkzeug 4, der sich an der vorausbestimmten Stelle befindet. Das Bearbeitungsinstrument 3 weist an seinem dem Bearbeitungswerkzeug 4 zugewandten Ende 5 eine in einem kleinen zylindrischen Aufsatz 6 untergebracht Optik zur Erfassung der Umgebung auf, etwa eine integrierte intraorale Videokamera. Die Relativlage zwischen der Spitze 7 des Werkzeugs und der Position der Optik ist bekannt. Der Aufsatz 6 befindet sich oberhalb des Werkzeugs 4 und enthält die Optik und ein Faserbündel zur Beleuchtung der Zähne.

Die Optik sollte einen Schärfentiefebereich zwischen 5 mm und 30 mm aufweisen. Sie darf nicht telezentrisch sein, d. h. Objekte in verschiedenen Entfernungen müssen unterschiedlich groß abgebildet werden. Es kann sich um eine 360

- 9 -

Grad Panoramaoptik handeln, wie es in der Fig. 6 angedeutet ist. Es ist jedoch ausreichend, wenn ein Bildfeld verwendet wird in einer Größe, dass ein Zahn erfasst wird. Die Kamera erfasst dann den Zahn 1, 2 also nur aus einer Richtung.

5 Dabei werden die Nachbarzähne 1 und 2 im Aufpunkt des herzustellenden Implantatbohrlochs 8 vollständig abgebildet. Wichtig bei dem Verfahren ist, dass sich ähnlich wie bei Bergkuppen die Höcker der Zähne hervorheben. Andere markante Oberflächenmerkmale können beispielsweise durch Füllun-  
10 gen bereitgestellt werden. Auch hier sind grundsätzlich alle sichtbaren, positionsabhängigen Oberflächenmerkmale umfasst.

An die Verzeichnung der Optik sind keine besonderen Anforderungen zu stellen. Ein Schwarzweiß-Bild ist grundsätzlich  
15 ausreichend.

Fig. 5 zeigt schematisch eine Anzeige, bei der der wirkliche Horizont W und die Horizontlinie H nicht deckungsgleich sind. Die augenblicklich eingenommene Position des Bohrers ist nicht korrekt, siehe Fig. 6. Der Bohrer befindet sich  
20 noch nicht an der vorausbestimmten Stelle.

Bei der in Fig. 7 dargestellten richtigen Positionierung des Bohrers beginnt der Anwender, in den Knochen zu bohren. Das System zeigt nun diejenige Horizontlinie an, bis zu der der Anwender bohren darf.

25 Fig. 8 zeigt das lagerichtig aufgesetzte Werkzeug 4 des Bearbeitungsinstruments 3. Fig. 9 zeigt die zugehörige Horizontlinie. Die hintere passende Horizontlinie H zeigt, dass der Aufpunkt der Bohrung lagerichtig gefunden wurde. Eine zweite, vordere, nicht passende Horizontlinie H' wird nach  
30 dem Start des Bohrvorgangs sichtbar. Erreicht der Bohrer

- 10 -

seine berechnete Endposition gemäß Fig. 10, passt diese Horizontlinie H' dann zu dem sich zeigenden Bild des Zahns, Fig. 11. Die von der Kamera aufgenommene Szene verändert sich während des Bohrens so, dass nun die Horizontlinie H' mit dem sichtbaren Horizont deckungsgleich ist.

Insgesamt läuft das Verfahren wie folgt ab: Die Zahn- bzw. Kieferoberfläche wird mit röntgenopaken Markierungen versehen, die eine Korrelation von 3D-Messdaten eines Volumens aus Röntgenbildern mit 3D-Meßdaten der Oberfläche erlauben. Die röntgenopaken Marker sind sowohl im Röntgenbild wie auch im Oberflächenbild sichtbar. Sie erlauben es, die Relativlage der beiden Aufnahmen zueinander zu bestimmen.

Anhand der Röntgenbilder wird eine Planung der Implantate durchgeführt. Dabei wird die Einsetztiefe und die Winkellage des Bohrkanals bestimmt.

Für alle Positionen des Bearbeitungswerkzeugs entlang des Bohrkanals wird aus den 3D-Messdaten der Oberfläche die zugehörige Horizontlinie berechnet.

Das Instrument zur Herstellung der Implantatbohrung besitzt eine intraorale Videokamera, deren Entfernung zu der Spitze des Bohrinstrumentes bekannt ist. In das Videobild dieser Kamera wird unter Berücksichtigung aller optischen Verzerrungen die berechnete Horizontlinie für die Sollposition eingeblendet. Durch Veränderung der Position und der Neigung des Bohrinstrumentes kann die eingeblendete Horizontlinie mit dem tatsächlich sichtbaren Horizont zur Deckung gebracht werden.

Während der Erstellung des Bohrkanals erfolgt ständig eine Visualisierung der dabei auftretenden Horizontlinien um si-

- 11 -

cherzustellen, dass der Bohrkanal in der richtigen Richtung vorangetrieben wird.

In Fig. 12 ist ein Aufbau schematisch dargestellt. Die Einheit 11 umfasst eine Anzeige 12, auf dem Handinstrument 3  
5 aufgenommenen Bilder dargestellt werden können. Gleichzeitig dient eine Auswerteeinheit 13 der Steuerung des Bohrantriebs und der Berechnung des Oberflächenmerkmals, hier der Horizontlinie. Die Steuerung des Instruments kann so erfolgen, dass dann, wenn eine Abweichung von der vorgegebenen  
10 Position festgestellt wird, der Antrieb für das Bearbeitungswerkzeug abgeschaltet wird und erst dann wieder freigegeben wird, wenn die richtige Position wieder erreicht wird.

- 12 -

**Bezugszeichenliste**

	1	Zahn
	2	Zahn
	3	Handinstrument
5	4	Werkzeug
	5	Ende des Handinstruments
	6	Aufsatz
	7	Spitze des Werkzeugs 4
	8	Bohrloch
10	9	
	10	
	11	Einheit
	12	Anzeige
	13	Auswerteeinheit
15		
	A	Ort/Zentrum des Beobachters
	B	Stelle
	C	Horizont
	E	Achse
20	H	Horizontlinie
	H'	Horizontlinie
	P	Projektionsschirm
	r	Radius
	W	
25		

- 13 -

### ANSPRÜCHE

1. Verfahren zur lagerichtigen Herstellung einer Kavität, insbesondere einer Knochenkavität, an einer Präparationsstelle mittels eines Handinstruments, mit folgenden Schritten:
  - Berechnung von positionsabhängigen Oberflächenmerkmalen aus einem dreidimensionalen Datensatz der Oberfläche der Präparationsstelle zu einer gewünschten Position eines in die Kavität einzubringenden Implantats, wobei der Bereich, in dem die Kavität erstellt werden soll, als dreidimensionaler Datensatzes von Volumendaten vorliegt;
  - Erfassen mindestens eines ein tatsächlich sichtbares Oberflächenmerkmal aufweisenden Teilausschnittes der Präparationsstelle mittels einer am Handinstrument angeordneten Kamera mit vorgegebenem Abstand zu einem Bearbeitungswerkzeug und Anzeige als Videobild;
  - Einblenden eines berechneten Oberflächenmerkmals für die Sollposition des Handinstruments, wobei durch Veränderung der Position und der Neigung des Handinstruments das eingeblendete Oberflächenmerkmal bezüglich seiner Lage zu dem tatsächlich sichtbaren Oberflächenmerkmal verändert, insbesondere zur Deckung gebracht werden kann.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass während der Bearbeitung stets die für die jeweilige Position des Handinstruments berechneten Oberflächenmerkmale in das Videobild eingeblendete sind, wobei die jeweilige Position des Handinstruments einer Position des Implantats innerhalb der Kavität entspricht.

- 14 -

3. Verfahren nach Anspruch 2 dadurch gekennzeichnet, dass ein Oberflächenmerkmal für eine Endposition des Handinstruments in der herzustellenden Kavität angezeigt wird.
- 5 4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Oberflächenmerkmal eine Horizontlinie verwendet wird.
5. Handinstrument zur Herstellung oder Bearbeitung von Kavitäten, insbesondere von Knochenkavitäten, umfassend  
10 ein Bearbeitungswerkzeug (4), dadurch gekennzeichnet, dass am Handinstrument (3) eine Kamera (6) vorgesehen ist, deren Abstand zur Spitze (7) des Bearbeitungswerkzeuges (4) bekannt ist.
6. Handinstrument nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet,  
15 dass die Kamera (6) eine Schärfentiefe von 5 bis 30 mm besitzt und eine Rundumsicht erfasst.
7. Handinstrument nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Kamera (6) in das dem Bearbeitungswerkzeug (4) zugewandten Ende (5) des Instruments (3)  
20 integriert ist.
8. Handinstrument nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass Leuchtmittel vorgesehen sind, welche den für die Erfassung und Darstellung der Horizontlinie relevanten Teil der Oberfläche ausleuchten.  
25
9. Handinstrument nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass es mit einer Anzeige (12) für das mit der Kamera aufgenommene Bild verbunden ist und dass in der Anzeige (12) darüber hinaus aus einer



- 15 -

Auswerteeinheit (13) bereitgestellte Daten als Oberflächenmerkmal angezeigt ist.

10. Handinstrument nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet,  
dass die aus der Auswerteeinheit (13) bereitgestellten  
5 Daten in Form einer Horizontlinie (H) angezeigt sind.

1/7

Fig. 1

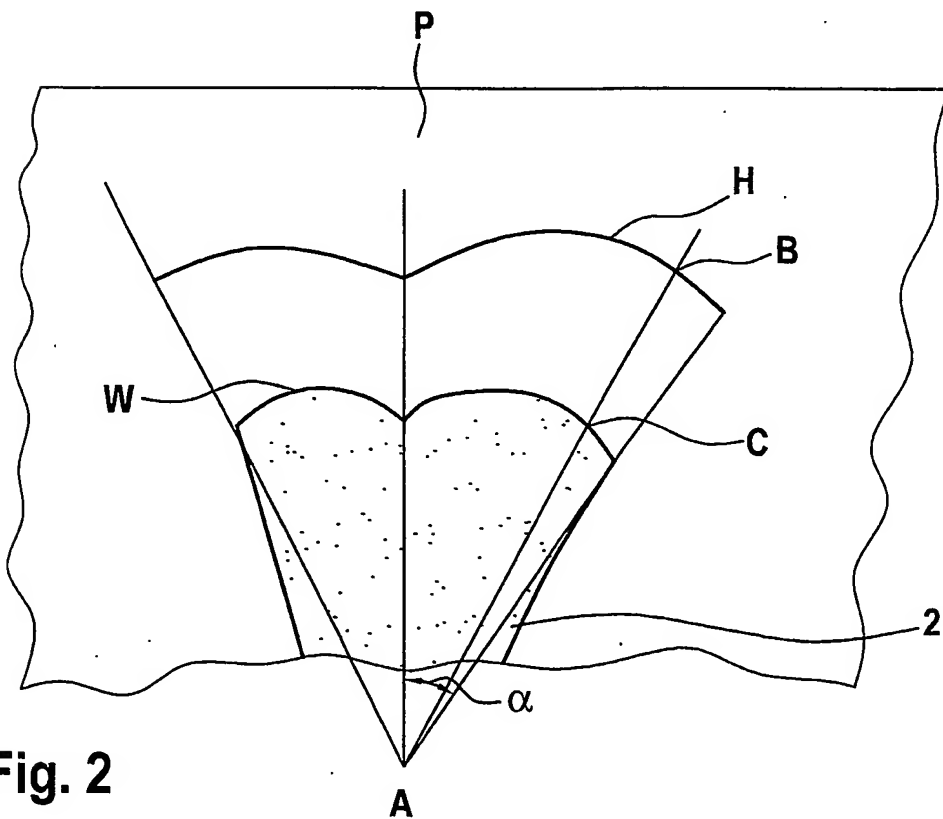
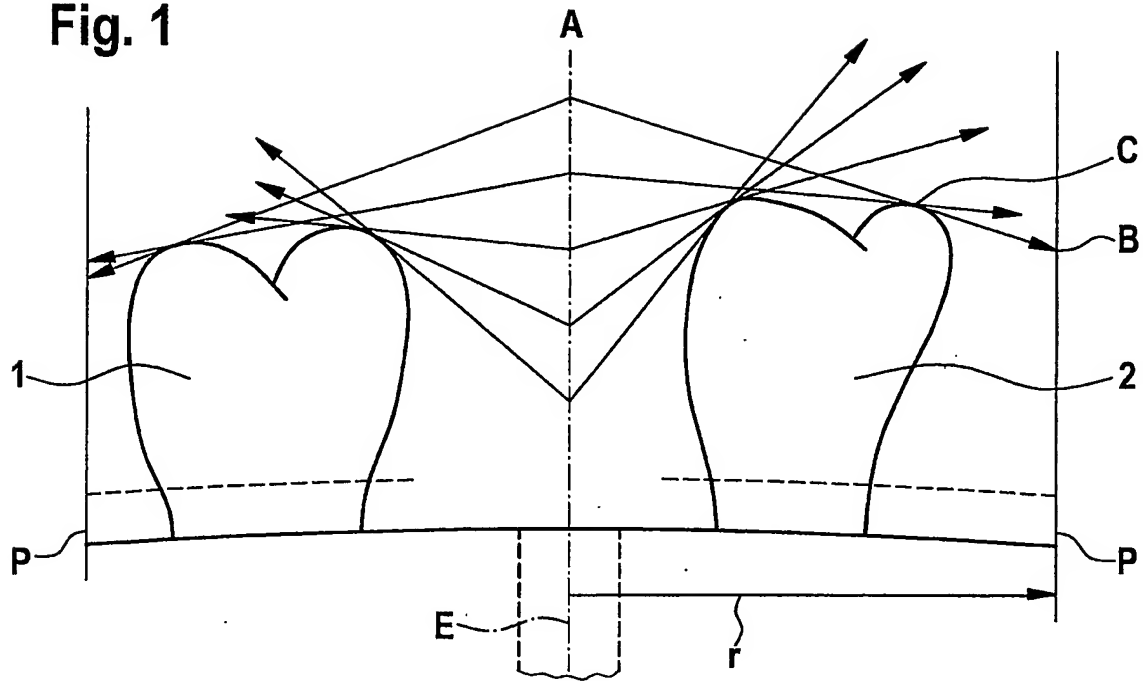


Fig. 2

2 / 7

Fig. 3

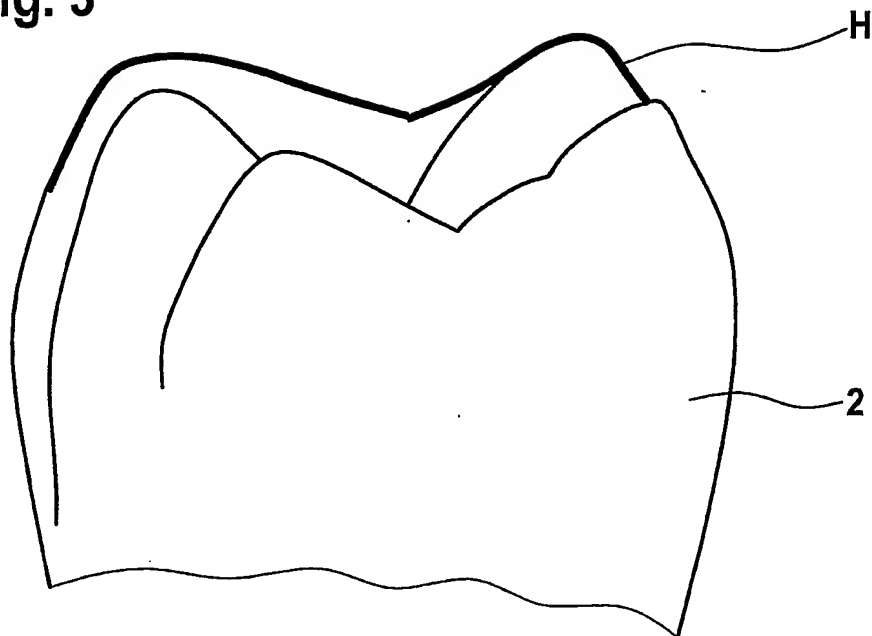
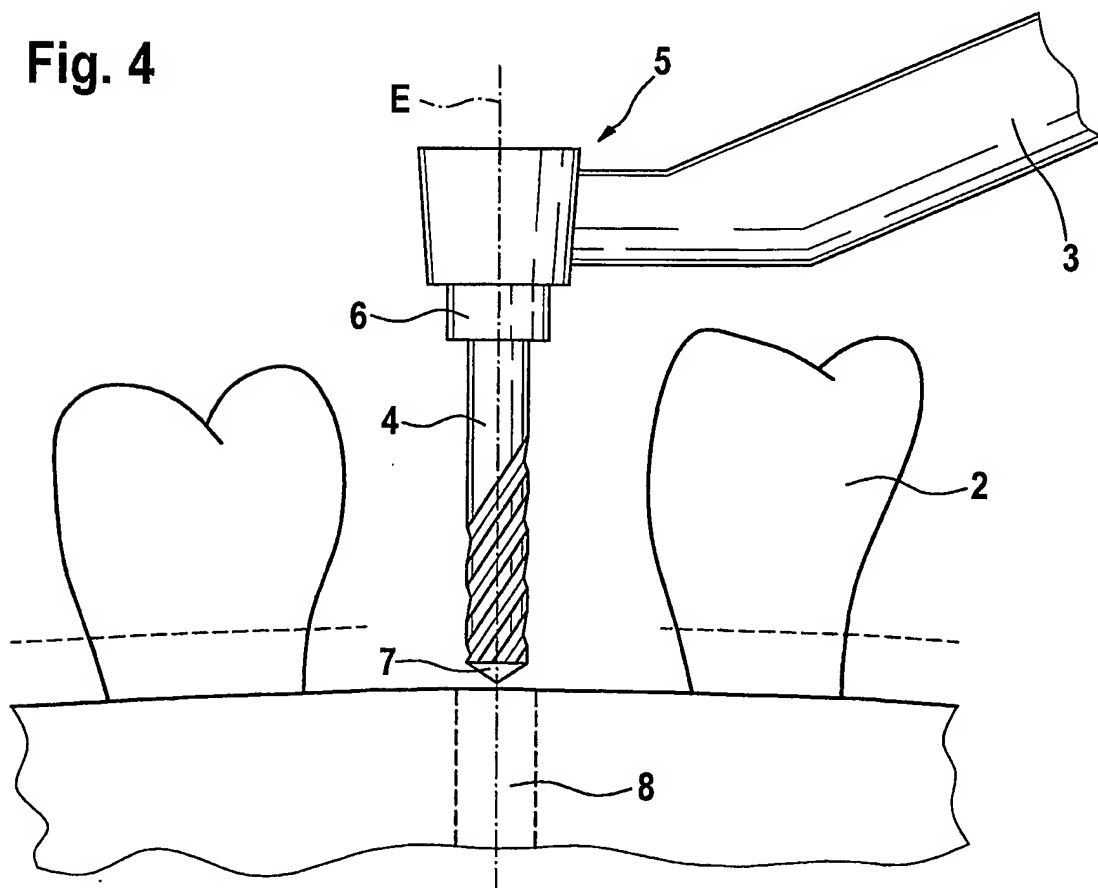


Fig. 4



3 / 7

Fig. 5

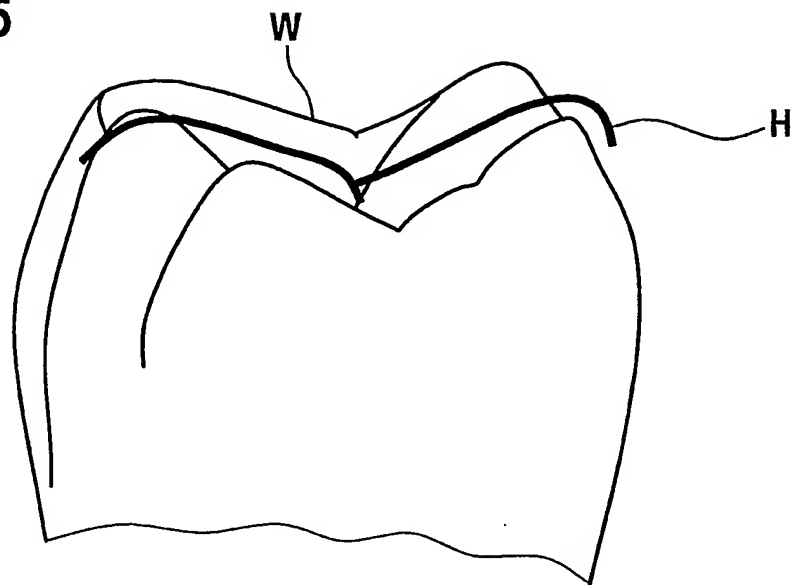
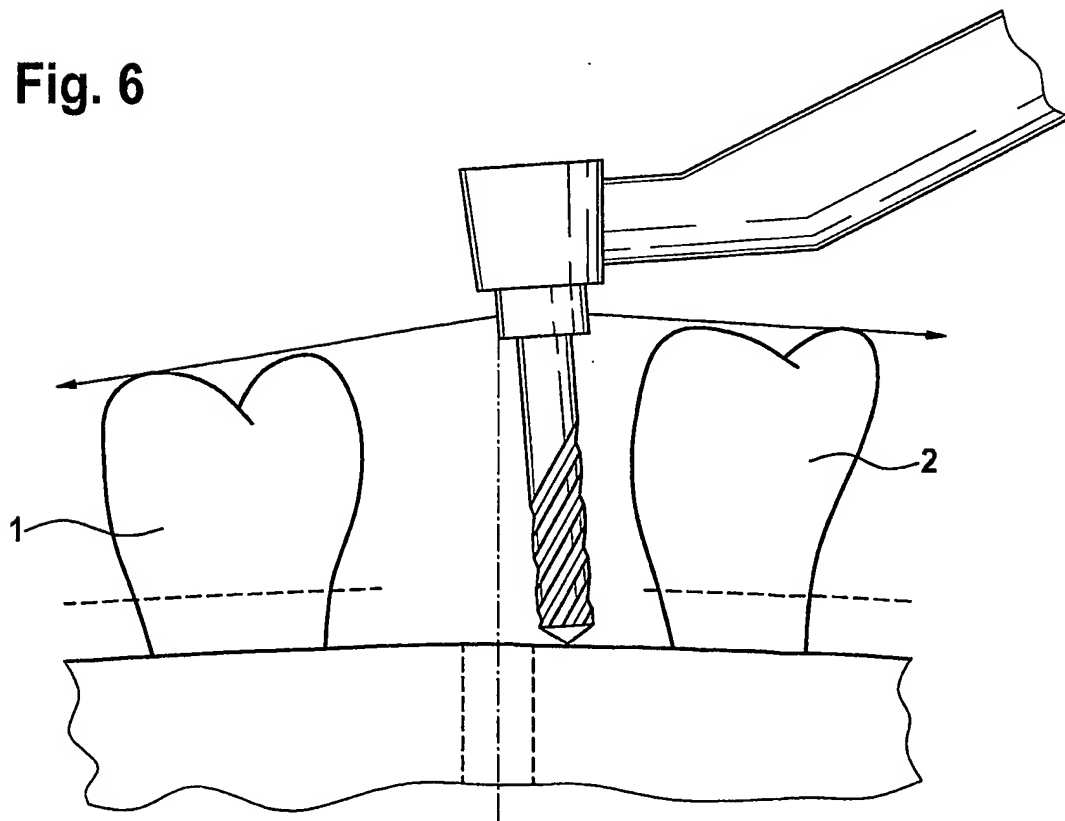
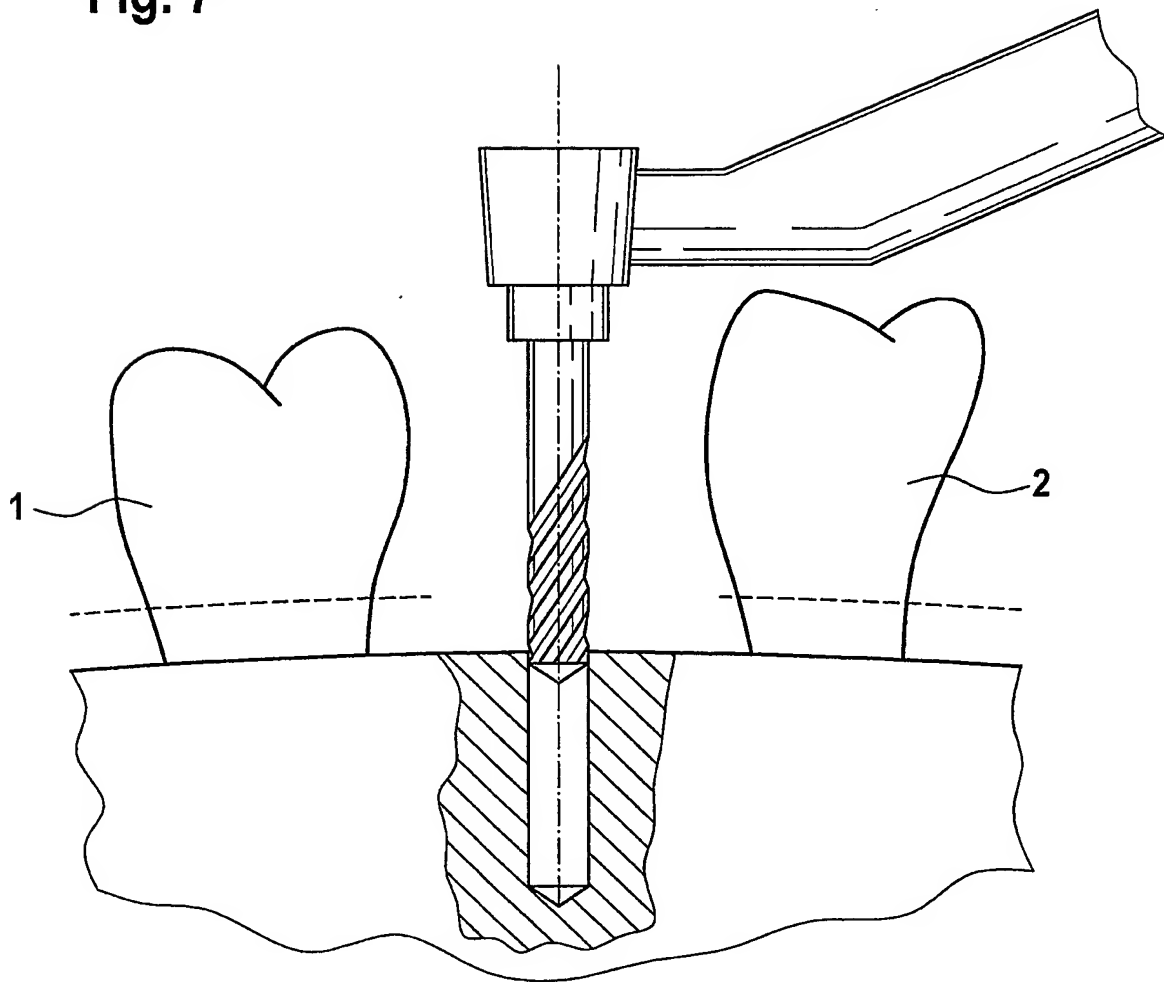


Fig. 6



**Fig. 7**



5/7

Fig. 8

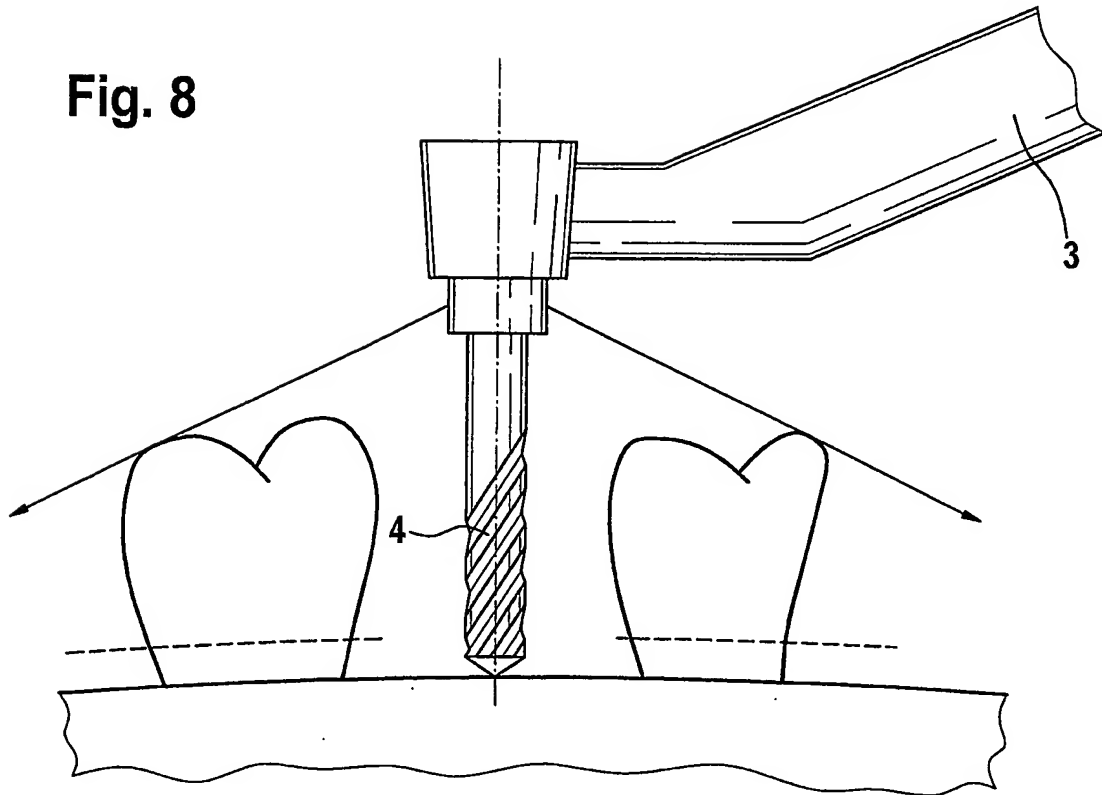
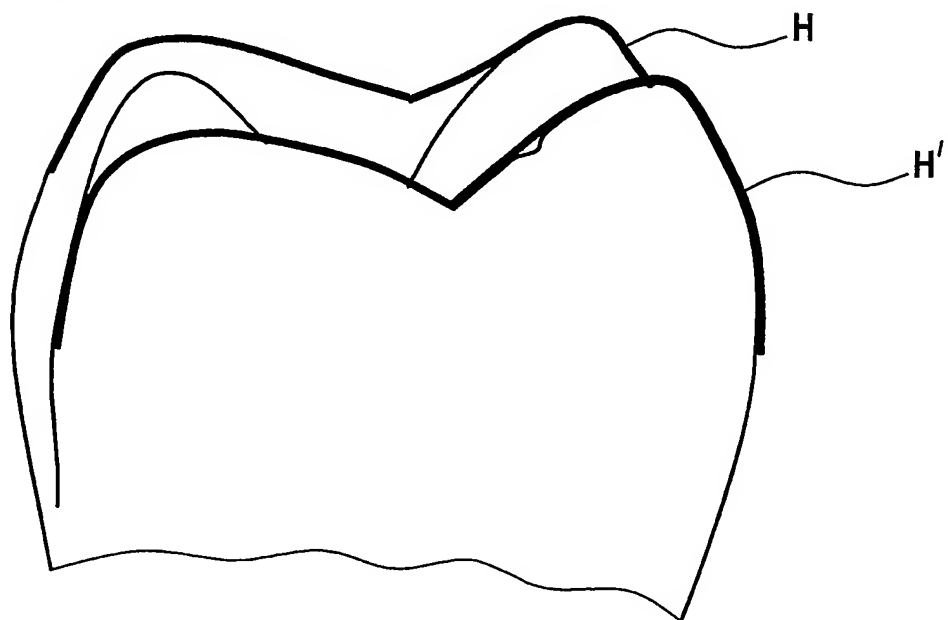


Fig. 9



6/7

Fig. 10

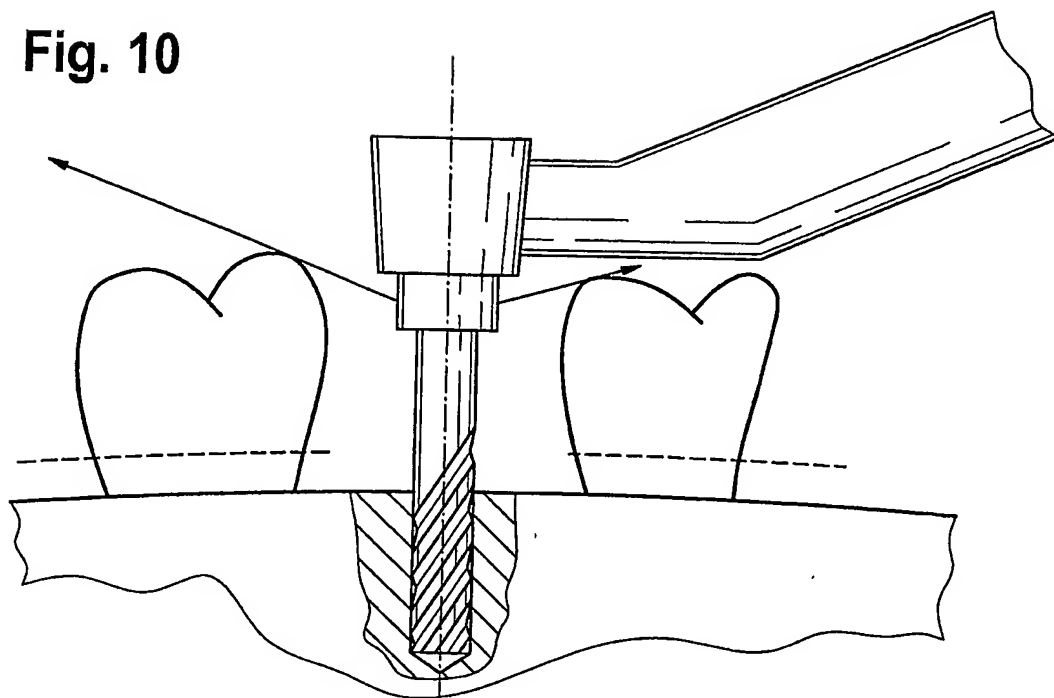
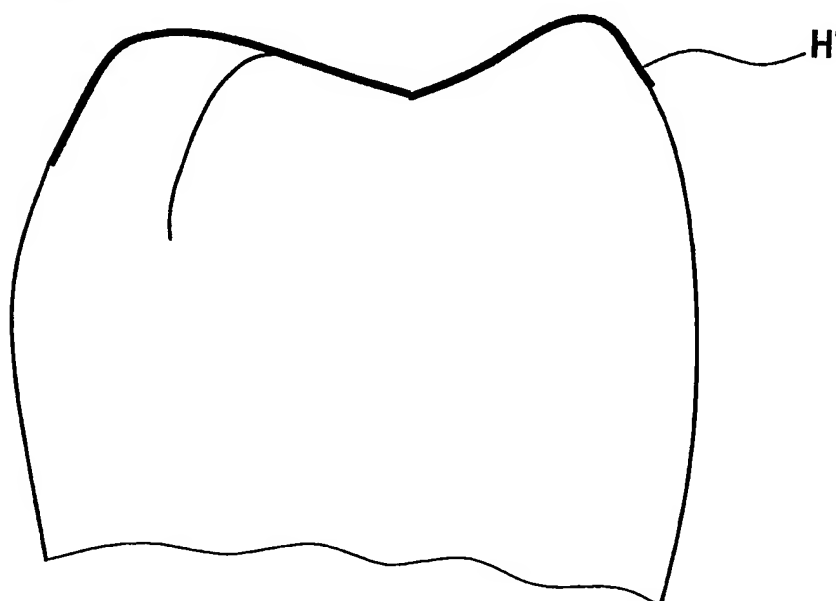


Fig. 11



7/7

Fig. 12

